

## EL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO DE LAS VENTANAS MONOBLOQUE CON SISTEMAS DE AIREACIÓN PERMANENTE

PACS: 43.55.Rg

Alexander Díaz-Chyla, César Díaz, M<sup>a</sup> A Navacerrada, Antonio Pedrero  
Grupo de investigación en Acústica Arquitectónica.  
Universidad Politécnica de Madrid.  
ETS de Arquitectura. Avenida Juan de Herrera nº4  
28040 Madrid, España.  
E-mail: [cesar.diaz.sanchidrian@upm.es](mailto:cesar.diaz.sanchidrian@upm.es)

### ABSTRACT

In this paper are shown the experimental results obtained in the laboratory measurements of airborne sound insulation of built-in shutter with window. The box is inside the opening or behind the lintel. The tests were carried out with the shutter retracted and extended. The effects on the airborne sound insulation that the placement of permanent ventilation systems in the profile of the window or shutter box are analysed.

### RESUMEN

El Código Técnico de la Edificación es el marco normativo español que establece las exigencias que se deben cumplir al proyectar construir, usar, mantener y conservar los edificios. Para asegurar el cumplimiento de las exigencias del CTE se han elaborado diferentes Documentos Básicos. El DB HR Protección frente al ruido, establece unos valores del aislamiento acústico a ruido aéreo in situ,  $D_{2m,nT,Atr}$ , entre un recinto protegido y el exterior, en función del uso del edificio y del nivel sonoro continuo equivalente día  $L_d$  de la zona donde se ubique el edificio, por otra parte el DB HS 3 Calidad del aire interior, indica que las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación donde el aire debe circular desde los locales secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de admisión. El hacer compatibles el cumplimiento de las exigencias de los dos documentos básicos anteriormente citados, origina algunas dificultades en los proyectos de edificación. En esta comunicación se muestran algunos de los resultados experimentales obtenidos en laboratorio de los efectos que producen la colocación de sistemas de aireación permanente, (en el galce de la ventana y en el cajón de persiana) en el aislamiento acústico a ruido aéreo de las ventanas compactas.

### 1.-INTRODUCCIÓN

En España, el Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006 de 17 de Marzo) es el marco normativo que establece las exigencias que se deben cumplir al proyectar construir, usar, mantener y conservar los edificios, incluidas sus instalaciones, con el fin de asegurar la calidad, seguridad y salud del usuario, respetando en todo momento su entorno. Para asegurar el

cumplimiento de las exigencias del CTE se han elaborado diferentes Documentos Básicos, DB, entre ellos están los documentos básicos DB HR Protección frente al ruido [1] y el DB HS 3 Calidad del aire interior [2].

Una necesidad condicionada por la fisiología humana es que los recintos habitables deben contar de forma permanente con aire renovado. Las fuentes internas del deterioro de la calidad del aire en los recintos son diversas, entre ellas están las emisiones de: los ocupantes, los materiales de construcción, la decoración, el mobiliario, así como las instalaciones de ventilación-climatización. La obligación de ventilar de forma adecuada los recintos habitables está establecida en España por diferentes disposiciones legales: DB HS 3, Calidad del aire interior, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), Ordenanzas municipales, Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo Reglamento General de Policía de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas, etc.

En el DB HS 3 Calidad del aire interior en el apartado 3.1 Condiciones generales de los sistemas de ventilación, se indica que las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación donde el aire debe circular desde los locales secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de admisión. Por ejemplo el DB HS-3 para edificios de vivienda exige para dormitorios un caudal mínimo de 5 l/s.persona; en salas de estar y comedores un caudal mínimo de 3 l/s.persona. El RITE en aulas con aire de buena calidad prescribe 12,5 l/s.persona.

El ruido generado por la actividad humana es uno de los contaminantes más habituales en nuestras ciudades, sobre todo debido al aumento de las fuentes de ruido de tráfico y se considera como una fuente importante de posibles trastornos para la salud de las personas (físicos, psicológicos y sociales), que por otra parte conlleva importantes efectos económicos. El DB HR Protección frente al ruido del CTE, establece unos valores mínimos in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo  $D_{2m,nT,Atr}$  entre un recinto protegido y el exterior, en función del uso del edificio y del nivel sonoro continuo equivalente día  $L_d$  de la zona donde se ubique el edificio. Define la Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior para ruido de automóviles,  $D_{2m,nT,Atr}$  como la valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada de una fachada, de una cubierta o un suelo en contacto con el aire exterior,  $D_{2m,nT}$ , para un ruido exterior de automóviles. Se determina mediante la expresión:

$$D_{2m,nT,Atr} = -10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Atr,i} - D_{2m,nT,i}) / 10} \quad [dBA] \quad (1)$$

donde:

$D_{2m,nT,i}$  es la diferencia de niveles estandarizada, en la banda de frecuencia  $i$ , en dB;  $L_{Atr,i}$  el valor del espectro normalizado del ruido de automóviles, ponderado A, en la banda de frecuencia  $i$ , en dBA;  $i$  recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5kHz.

En el DB HR Protección frente al ruido en el caso de que el ruido sea procedente del exterior se exigen valores del aislamiento entre un recinto protegido y el exterior comprendidos entre 30 y 47 dBA. Si la fuente de ruido principal son las aeronaves, el aislamiento se incrementa en 4 dBA.

El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , entre un recinto protegido y el exterior debe ser al menos el que se indica en la Tabla 1, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día,  $L_d$ , definido en el Anexo I del R D 1513/2005, de 16 de diciembre [3], de la zona donde se ubica el edificio.

La necesidad de incorporar sistemas de renovación de aire en las fachadas de los recintos, de forma que garanticen la adecuada renovación del aire del mismo, sin corrientes de aire y sin

necesidad de abrir la ventana, ha obligado a desarrollar sistemas de aireación permanente, que acústicamente están caracterizados por la Diferencia de nivel normalizada de un elemento de construcción pequeño,  $D_{n,e}$ , cuyo valor se determina en laboratorio según los procedimientos de la Norma UNE EN 10140 – 2: 2011[4].

En general, los ensayos en laboratorio del aislamiento acústico a ruido aéreo de las ventanas no incluyen los efectos del cajón de persiana, de la persiana, y de los aireadores, por lo que existe poca información disponible sobre su efecto sobre el aislamiento acústico a ruido aéreo global de la fachada de un recinto. En este trabajo se muestran algunos de los resultados experimentales obtenidos en laboratorio de los efectos que producen la colocación de sistemas de aireación permanente, (en el galce de la ventana y en el cajón de persiana) en el aislamiento acústico a ruido aéreo de las ventanas compactas.

$L_d$ dBA	Aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior			
	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario (edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.)

Tabla 1: Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .

## 2.- MONTAJE EXPERIMENTAL

Los ensayos se han realizado en las cámaras de transmisión horizontal del Laboratorio de Acústica de la ETS de Arquitectura UPM. La pared de separación entre las dos cámaras tiene un área de  $10,1 \text{ m}^2$ , en ella se ha practicado una abertura de  $1,25 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$  en donde se han instalado convenientemente selladas las ventanas objeto de ensayo [5]. Las muestras de ensayo han sido ventanas practicables oscilobatientes de dos hojas, de carpintería de PVC, de Clase 3-4. Las dimensiones de las ventanas son  $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$  para el elemento total de la ventana y el cajón de persiana. Cuando no hay cajón de persiana, la dimensión de la ventana es  $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$ . La distancia entre la persiana y la cara externa del acristalamiento es aproximadamente  $d = 60 \text{ mm}$ . En todos los casos se han utilizado unidades de vidrio aislante de dimensiones 8-12-4 mm.

En primer lugar se han realizado mediciones acústicas de ventanas con su bastidor y la unidad de vidrio aislante. A continuación se han realizado ensayos en ventanas con la persiana integrada en dos tipologías diferentes, cuando el cajón de persiana está dentro del hueco y cuando el cajón de persiana está detrás del dintel, ver Figura 1. En cada caso se han realizado las mediciones acústicas con la persiana en dos situaciones: persiana replegada y persiana extendida. En todos los casos la apertura de la persiana ha sido manual mediante cinta. Posteriormente se han vuelto a realizar los ensayos acústicos colocando un sistema de aireación permanente, sucesivamente en el galce de la ventana y en la tapa del cajón de persiana.

### 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este apartado se muestran los resultados experimentales del índice de reducción acústica  $R$ , en dB, en función de la frecuencia por bandas en tercio de octava, de las ventanas, o de las ventanas con persianas siguiendo los protocolos de la norma UNE-EN ISO 10140-2: 2011. La prestación acústica de las ventanas se realiza mediante la expresión  $R_w(C;C_{tr})$  en dB. Cuando las ventanas tienen persianas mediante las expresiones:  $R_w(C;C_{tr})_{(persiana\ replegada)}$  o  $R_w(C;C_{tr})_{(persiana\ extendida)}$  [6]; donde  $R_w$  es el índice ponderado de reducción acústica a ruido aéreo, con los términos de adaptación del espectro,  $C$ , en referencia al ruido rosa ponderado A y  $C_{tr}$ , al ruido de tráfico urbano ponderado A respectivamente, de acuerdo con el procedimiento de evaluación especificado en la Norma UNE EN 717-1 [7].

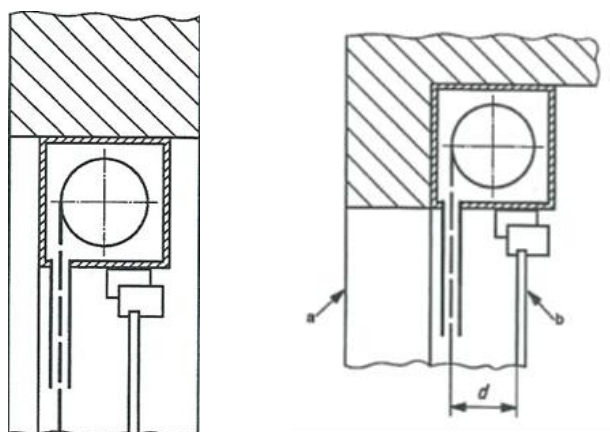


Figura 1. Persianas integradas con cajón de persiana dentro del hueco y detrás del dintel.

El índice de reducción acústica se calcula mediante la ecuación:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{S}{A} \quad , dB \quad (2)$$

donde:  $L_1$  y  $L_2$  son los niveles medios de presión sonora promedio en los recintos emisor y receptor, expresados en dB;  $S$ , es el área de la abertura de ensayo libre en la que se instala el elemento de ensayo, en  $m^2$ ; y  $A$  es el área de absorción acústica equivalente en el recinto receptor, en  $m^2$ .

A continuación se comparan y analizan algunos de los resultados obtenidos en las diferentes configuraciones.

#### 3.1 Ventanas sin cajón de persiana

En la Figura 2 se muestran los resultados del índice de reducción acústica de la ventana sin cajón de persiana. Se comparan los resultados cuando no hay aireador y cuando en el galce se colocan dos aireadores cuyo caudal de aire máximo total es de 10 l/s.

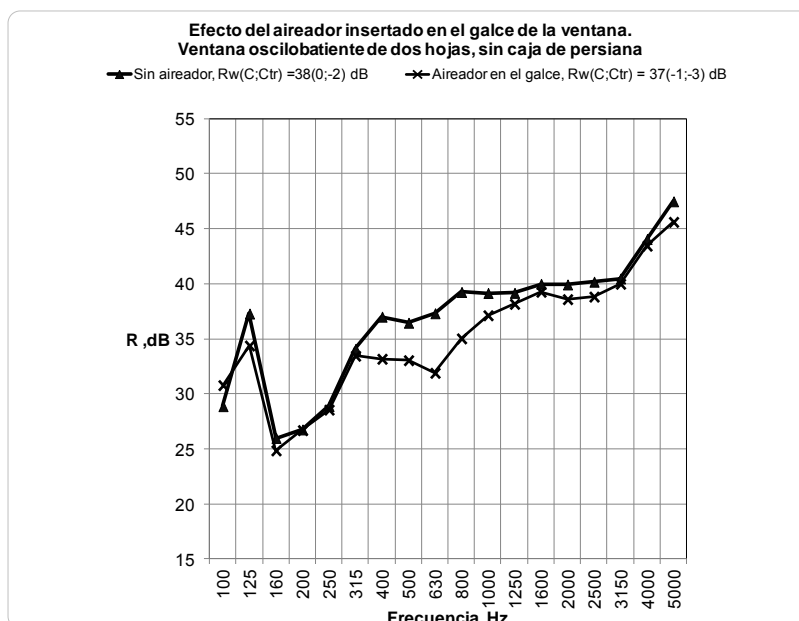


Figura 2. Efecto de la colocación de aireadores en el galce de una ventana sin cajón de persiana.

En la figura 2 se observa que por debajo de 315 hercios el aislamiento de la ventana está controlado por la frecuencia de resonancia masa-aire-masa de la unidad de vidrio aislante. El efecto de la colocación de los aireadores, disminuye el índice de reducción acústica del sistema en el rango de frecuencias de 400 Hz a 2500 Hz, siendo mayor la disminución entre las bandas de frecuencia central entre 400 Hz y 1 kHz. La colocación de dos aireadores en el galce de la ventana origina una disminución del aislamiento a ruido aéreo de la ventana  $R_w(C;C_{tr})$  que pasa de un valor de 38(0;-2) dB a otro de 37(-1;-3) dB. A ruido de tráfico la disminución del aislamiento acústico a ruido aéreo es de 2 dB.

### 3.2 Ventanas con cajón de persiana

En una ventana con cajón de persiana, cuando la persiana está extendida, el sistema formado por la ventana y la persiana funciona acústicamente como un sistema de varias particiones [8], [9]. En ventanas de buena calidad, (Clase 3 o 4) [10], con unidades de vidrio aislante, UVA, el índice de reducción acústica ponderado  $R_w$  de las ventanas abatibles suele ser 3-4 dB superior al de las ventanas correderas. Pero cuando se calculan los valores globales con el término de adaptación al espectro para ruido de tráfico  $R_w + C_{tr}$  las diferencias para los diferentes tipos de ventanas (sin cajón de persiana, con cajón de persiana, con persiana extendida o replegada, etc.) se reducen a 2 dB. Esto es debido al efecto de las frecuencias de resonancia de los sistemas masa-aire-masa, que debido a la anchura de la cámara de aire están situadas por debajo de la banda de frecuencia central de 400 Hz, lo que produce una disminución de los valores del índice de reducción acústica en esta región de frecuencias

#### 3.2.1 Persiana integrada con la ventana dentro del hueco

Se han realizado tres tipos de ensayos: sin aireador; con el aireador en la tapa del cajón de persiana y con el aireador insertado en el galce de la ventana. En la figura 3 se comparan los resultados del índice de reducción acústica de la ventana oscilobatiente de dos hojas en las siguientes situaciones: sin cajón de persiana, con cajón de persiana con y sin aireador, en estos dos casos con las persianas replegadas o extendidas. En los ensayos con el aireador en la tapa del cajón de persiana, en el poliestireno expandido colocado como aislante térmico se hizo una abertura de la misma sección de apertura del aireador. El caudal del aireador era de  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ .

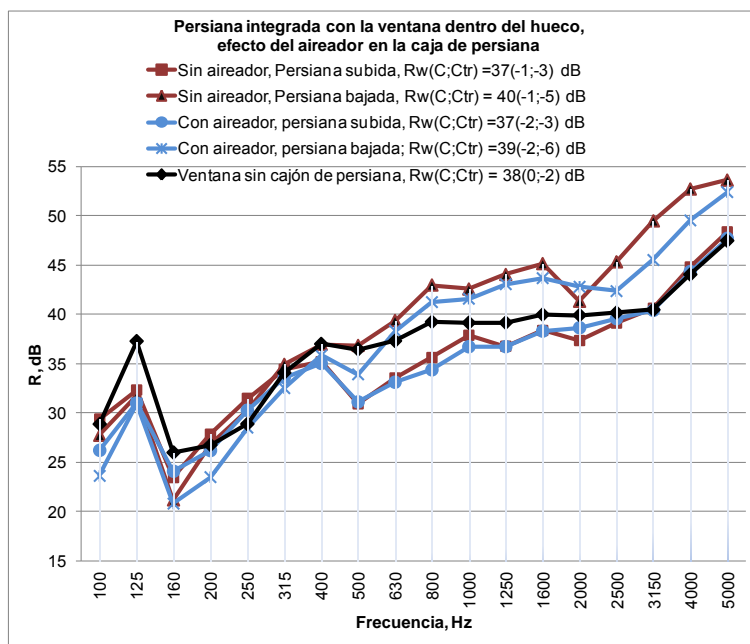


Figura 3 .Efecto del aireador en el cajón de la persiana con la ventana dentro del hueco, según la posición de la persiana

En la figura 4 se muestran los resultados del índice de reducción acústica de la ventana oscilobatiente de dos hojas con el aireador colocado en el galce de la ventana y con las posiciones de las persianas replegadas o extendidas. Los resultados se comparan cuando no hay aireador en la persiana integrada en la ventana en las siguientes situaciones: sin cajón de persiana, con cajón de persiana con y sin aireador, en estos dos casos con las persianas replegadas y extendidas

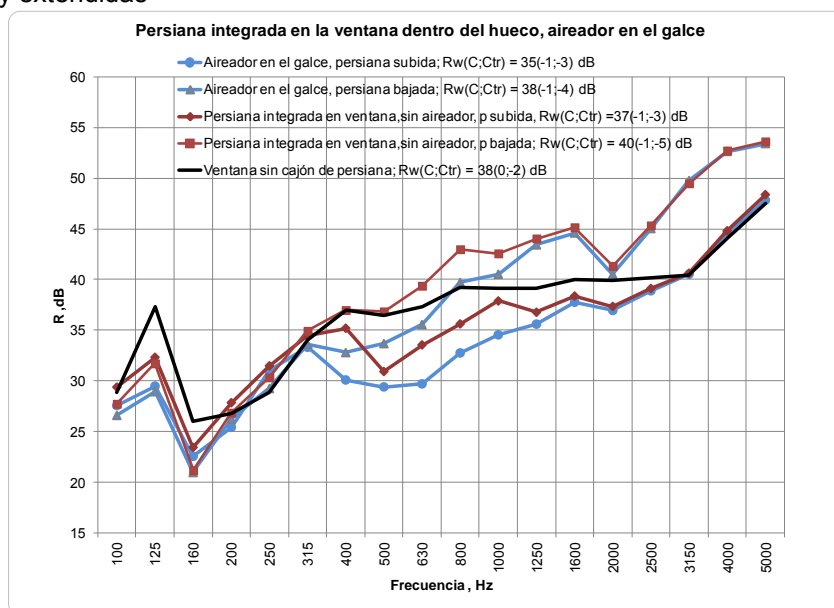


Figura 4. .Efecto del aireador en el galce de la ventana cuando la persiana está integrada con la ventana dentro del hueco, según la posición de la persiana.



### 3.2.2 Persiana integrada con la ventana detrás del dintel

Se han realizado ensayos de persiana integradas con la ventana detrás del dintel en las situaciones siguientes: sin aireador; con el aireador en la tapa del cajón de persiana y con el aireador en el galce. En las figuras 5 y 6 se muestran los resultados obtenidos y se comparan con los obtenidos cuando la persiana está integrada con la ventana dentro del hueco.

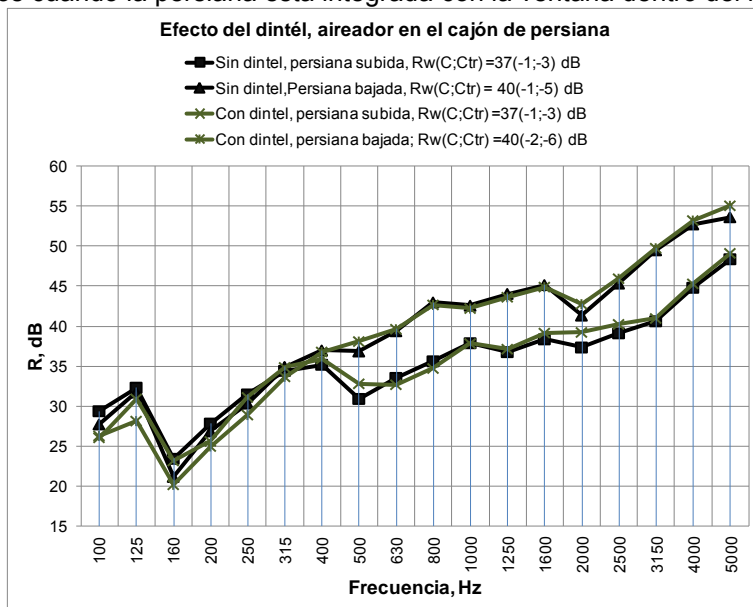


Figura 5. .Efecto del dintel con el aireador en el cajón de la persiana.

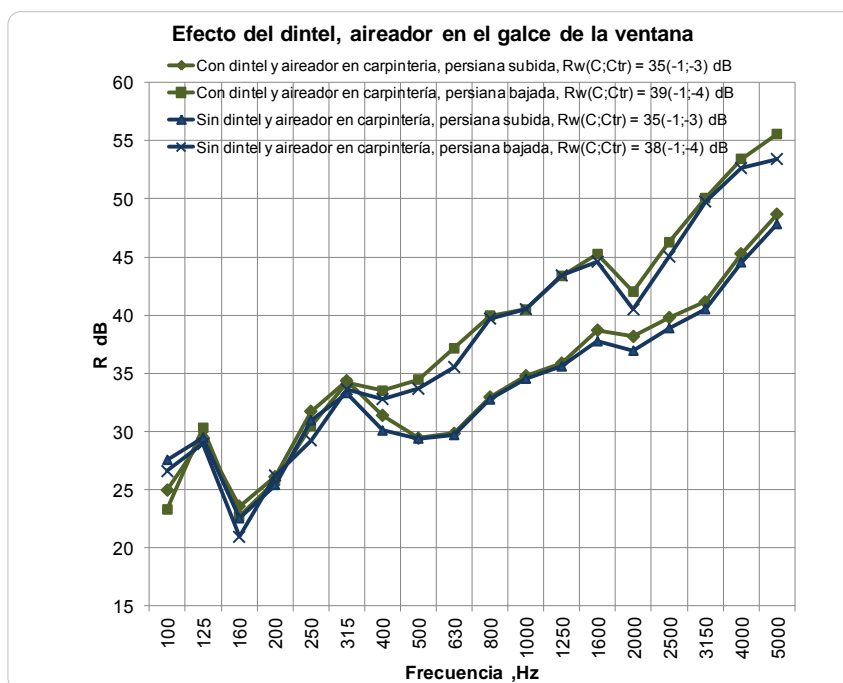


Figura 6. .Efecto del dintel con el aireador colocado en el galce de la ventana.

De los resultados mostrados en las figuras 5 y 6 se concluye que la colocación de la ventana integrada detrás del dintel no aporta mejoras apreciables en el aislamiento a ruido aéreo de la ventana respecto a cuando la ventana está dentro del hueco.

#### 4. CONCLUSIONES

En los casos estudiados con aireadores o sin aireadores de: ventanas, persianas integradas con cajón de persiana dentro del hueco o detrás del dintel, con la persiana replegada o extendida, a frecuencias por debajo de la banda de frecuencia central de 400 Hz, el aislamiento a ruido aéreo de la ventana está controlado por la frecuencia(s) de resonancia de la unidad de vidrio aislante y de la persiana. Es la razón por la que ante el ruido de tráfico, con altos niveles sonoros a bajas frecuencias, el índice de reducción acústica ponderado  $R_w$  del cerramiento del hueco disminuye de 3 a 6 dB.

En ventanas sin cajón de persiana, la colocación de los aireadores en el galce de la ventana, disminuye el índice de reducción acústica del sistema en el rango de frecuencias de 400 Hz a 2500 Hz. Frente al ruido de tráfico la disminución del índice de reducción acústica ponderado de la ventana es de 2 dB.

Cuando la persiana está integrada en la ventana, los resultados del aislamiento a ruido aéreo son independientes de que la ventana esté dentro del hueco o detrás del dintel, tanto cuando el aireador está colocado en la tapa del cajón de persiana, como en el galce de la ventana, tal como se muestra en las figuras 5 y 6.

En ventanas sin aireadores, la colocación del cajón de persiana disminuye el aislamiento a ruido de tráfico del sistema en 2 dBA. Cuando la persiana está extendida, si el ruido no es de tráfico, a frecuencias mayores de 600 Hz, el índice de reducción acústica es mayor que cuando la ventana no tiene cajón de persiana.

En ventanas con aireadores en el cajón de persiana, cuando la persiana está extendida, a frecuencias mayores de 600 Hz, el índice de reducción acústica es mayor que cuando la ventana no tiene cajón de persiana y ligeramente inferior a cuando hay cajón de persiana sin aireador y la persiana está extendida.

En ventanas con aireadores en el galce de la ventana, cuando la persiana está extendida, a frecuencias mayores de 800 Hz, el índice de reducción acústica es mayor que cuando la ventana no tiene cajón de persiana, siendo inferior a cuando hay cajón de persiana sin aireador y la persiana está extendida en el rango de frecuencias de 400 Hz y 1 kHz.

Cuando las persianas están integradas en las ventanas con los aireadores en el cajón de persiana o en el galce de la ventana, el aislamiento de la ventana frente al ruido de tráfico es inferior en un rango de 1 a 3 dBA, con respecto a cuando la ventana no tiene cajón de persiana.

Agradecimientos: Este trabajo está patrocinado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, Proyecto BIA 2011-23731, con la contribución de varios fabricantes españoles de ventanas.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] DB HR Protección frente al ruido del CTE. Abril 2009
- [2] DB HS 3 Calidad del aire interior del CTE. 28 marzo 2006.
- [3] R D 1513/2005, de 16 de diciembre.
- [4] UNE-EN ISO 10140-2: 2011. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico a ruido aéreo.



- [5]UNE-EN ISO 10140-1: 2011. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos.
- [6] UNE-EN 14759:2006. Persianas. Aislamiento acústico a ruido aéreo. Expresión de prestaciones.
- [7] UNE EN 717-1: 1996. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- [8] Díaz, C; Pedrero, A. An experimental study on the effect of rolling shutter and shutter boxes on the airborne sound insulation of windows. Applied Acoustics. Vol 70 (2009), 369-377
- [9] Díaz,C.; Díaz-Chyla, A.; Navacerrada, MA. An experimental study on the effect of rolling shutters on the field measurements of airborne sound insulation of façades. Applied Acoustics. Vol 74(1) (2013), 134-140
- [10] UNE-EN 12207, abril 2000. Puertas y ventanas. Permeabilidad al aire. Clasificación.